

5132

第94105822號初審引證附件 2

99946

**Aluminium alloy with excellent machinability**

**Patent number:** DE19727096  
**Publication date:** 1998-01-02  
**Inventor:** YOSHIHARA SHINJI (JP); HIRANO MASAKAZU (JP)  
**Applicant:** KOBE STEEL LTD (JP)  
**Classification:**  
- **International:** C22C21/02; C22C21/06; C22F1/043; C22F1/047;  
C22C21/02; C22C21/06; C22F1/043; C22F1/047;  
(IPC1-7): C22C21/02; C22C21/06  
- **European:** C22C21/02; C22C21/06; C22F1/043; C22F1/047  
**Application number:** DE19971027096 19970625  
**Priority number(s):** JP19960186578 19960626

**Also published as:**US6059902 (A)  
JP10008175 (A)**Report a data error he****Abstract of DE19727096**

Aluminium alloy with excellent machinability has hard second phase grains of 2-20 microns average grain size and 2-12 % area ratio, the second phase preferably being crystallised silicon or a silicon compound grains. Preferably, the alloy has the composition (by wt.) 1.5-12% Si, 0.5-6% Mg, balance Al and impurities, optionally with addition of 0.01-0.1% Ti or one or more of 0.5-2% Mn, 0.15-3% Cu and 0.04-0.35% Cr. Also claimed is a process for producing an aluminium alloy with excellent machinability by casting an Al alloy containing 1.5-12 wt.% Si and 0.5-6% Mg to obtain an ingot with a dendritic arm spacing (DAS) of 10-50 microns, soaking at 450-520 deg C and then extruding.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 27 096 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C22 C 21/02**  
C 22 C 21/06

⑳ Aktenzeichen: 197 27 096.4  
㉔ Anmeldetag: 25. 6. 97  
㉕ Offenlegungstag: 2. 1. 98

DE 197 27 096 A 1

③① Unionspriorität:

P 8-186578 26.06.96 JP

㉚ Anmelder:

Kabushiki Kaisha Kobe Seiko Sho (Kobe Steel, Ltd.),  
Kobe, JP

㉜ Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

㉚ Erfinder:

Yoshihara, Shinji, Shimonoseki, Yamaguchi, JP;  
Hirano, Masakazu, Shimonoseki, Yamaguchi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Aluminiumlegierung mit ausgezeichneter maschineller Bearbeitbarkeit und Verfahren zu ihrer Herstellung

⑤⑦ Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Aluminiumlegierung bereitgestellt, welche 1,5-12 Gew.-% Si, 0,5-6 Gew.-% Mg und gegebenenfalls mindestens eines von 0,5-2 Gew.-% Mn, 0,15-3 Gew.-% Cu und 0,04-0,35 Gew.-% Cr sowie weiterhin 0,01-0,1% Ti und einen Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen enthält, in welcher die durchschnittliche Korngröße der kristallisierten Körner der Verbindungen des Si-Systems 2 bis 20 µm und deren Flächenverhältnis 2 bis 12% beträgt. Die Legierung wird geschmolzen, um einen Schmelzblock mit einem DAS (Dendritenarmabstand) von 10 bis 50 µm zu erhalten, der anschließend einer Durchwärmbehandlung bei 450 bis 520°C und dann einer Extrusionsformung zugeführt wird. Die Aluminiumlegierung besitzt eine ausgezeichnete maschinelle Bearbeitbarkeit, ohne daß Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt zugesetzt sind.

DE 197 27 096 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 97 702 061/967

9/23

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Aluminiumlegierung mit ausgezeichneter maschineller Bearbeitbarkeit, welche beispielsweise für Maschinenteile, die im Verlauf der Herstellung oft eine maschinelle Verarbeitung erfahren, geeignet ist.

Unter Aluminiumlegierungen haben nicht hitzebehandelte Legierungen einschließlich der Al-Mn-Legierungen der 3000-Reihe mittelmäßige mechanische Leistungen, besitzen eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit und Kaltverformbarkeit und können mit geringen Kosten hergestellt werden, so daß sie im allgemeinen als Maschinenteile verwendet wurden, wobei sie im allgemeinen nach der Kaltverformung zu den letztendlichen Produkten eine maschinelle Verarbeitung oder eine Bohrverarbeitung erfahren. Es ist jedoch schwierig, die Legierungen dieser Reihe für Maschinenteile zu verwenden, für welche eine komplizierte maschinelle Verarbeitung oder Bohrverarbeitung erforderlich ist, da während der maschinellen Bearbeitung gebildete Splitter schwierig abzutrennen sind, wodurch die maschinelle Bearbeitbarkeit verschlechtert wird.

Des weiteren besitzen unter Aluminiumlegierungen nicht hitzebehandelte Legierungen einschließlich der Al-Mg-Legierungen der 5000-Reihe mittelmäßige mechanische Leistungen (etwas höherer Festigkeitsgrad als die 3000-Reihe), eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit und Kaltbearbeitbarkeit und können mit verminderten Kosten hergestellt werden, so daß sie im allgemeinen beispielsweise für optische Instrumente wie zylindrische Elemente von Kameras und Mikroskopen sowie für andere Maschinenteile verwendet wurden, wobei sie im allgemeinen nach der Kaltverformung zu den letztendlichen Produkten eine maschinelle Verarbeitung oder eine Bohrverarbeitung erfahren. Es ist jedoch schwierig, die Legierungen dieser Reihe für Maschinenteile zu verwenden, für welche eine komplizierte maschinelle Verarbeitung oder Bohrverarbeitung erforderlich ist, da während der maschinellen Bearbeitung gebildete Splitter schwierig abzutrennen sind, wodurch die maschinelle Bearbeitbarkeit verschlechtert wird.

Andererseits enthalten im Bereich duktiler Materialien (bezugnehmend auf die japanische Offenlegungsschrift Sho 54-143714, japanische Offenlegungsschrift Hei 3-39442) bestehende Aluminiumlegierungen mit hoher maschineller Bearbeitbarkeit Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt wie Pb, Bi und Sn als effektive zusätzliche Elemente, wie typischerweise durch die AA6262-Legierung dargestellt (Si: 0,4—0,8 Gew.-%, Mg: 0,8—1,2 Gew.-%, Cu: 0,15—0,4 Gew.-%, Pb: 0,4—0,7 Gew.-%, Bi: 0,4—0,7 Gew.-% und ein aus Al bestehender Rest). Derartige Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt bilden mit Aluminium kaum einen Einlagerungsmischkristall, sondern verursachen kleine körnige Abscheidungen in der Aluminiumlegierung, und die Körner aus Metallen mit niedrigem Schmelzpunkt werden durch die während der maschinellen Verarbeitung erzeugte Verarbeitungswärme geschmolzen, wodurch die Splitter abgetrennt werden und die maschinelle Bearbeitbarkeit der Aluminiumlegierungen verbessert wird.

Die AA6262-Legierungen sind hitzebehandelte Aluminiumlegierungen, welche bislang als für Maschinenteile verwendetes Rohmaterial eingesetzt wurden, die eine maschinelle Verarbeitung, insbesondere Bohren, im Verlauf der Herstellung erfahren, beispielsweise als Material für das Gehäuse eines Antiblockierbremsystems eines Automobils. Es wird erwartet, daß der Effekt der Verbesserung der maschinellen Bearbeitbarkeit durch Zugabe der Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt wie Pb, Bi und Sn nicht nur bei den hitzebehandelten Legierungen, sondern auch bei den nicht hitzebehandelten Legierungen erhalten werden kann (bezugnehmend auf die vorstehend beschriebene japanische Offenlegungsschrift Hei 3-39442).

Obwohl jedoch durch die Zugabe von Metallen mit niedrigem Schmelzpunkt zu den Aluminiumlegierungen die maschinelle Bearbeitbarkeit verbessert werden kann, wird dadurch die Korrosionsbeständigkeit verringert, was zu einem Nachteil einer durch die Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt hervorgerufenen Warmbrüchigkeit führt und es notwendig macht, ausreichend auf die Bearbeitungsumstände zu achten. Weiterhin können die Legierungen, wenn sie als Schrott zurückgewonnen werden, nur für eingeschränkte Legierungsarten, für welche Pb und Bi erforderlich sind, wiederverwendet werden, was zu einem Problem einer schlechten Zurückgewinnungseffizienz führt. Daher ist ihr Anwendungsbereich eingeengt.

Weiterhin werden die Maschinenteile manchmal zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit, Verschleißbeständigkeit oder zur dekorativen Wirkung einer Eloxierung auf der Oberfläche unterzogen. Jedoch bilden sich im Fall von mit Pb und Bi versetzten Aluminiumlegierungen keine Oxidfilme auf Oberflächenbereichen, in denen Pb und Bi freigelegt sind, was zu einem Probleme führt, daß nur inhomogene und nichtglänzende Eloxalfilme erhalten werden können.

Obwohl in der japanischen Offenlegungsschrift Sho 60-184658 nicht hitzebehandelte Aluminiumlegierungen mit verbesserter maschineller Bearbeitbarkeit vorgeschlagen sind, welche keine Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt enthalten, war deren maschinelle Bearbeitbarkeit verglichen mit den Aluminiumlegierungen, die Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt wie Pb, Bi und Sn enthielten, nicht ausreichend.

Die vorliegende Erfindung wurde im Hinblick auf die vorstehenden Probleme im Stand der Technik entwickelt, und es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Aluminiumlegierung mit aus gezeichneter maschineller Bearbeitbarkeit sowie eine Aluminiumlegierung mit ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit, guter Zurückgewinnungseffizienz und Fähigkeit zur Ausbildung homogener Eloxalfilme bereitzustellen.

Es wurden gewissenhafte Untersuchungen zur Lösung der vorstehenden Probleme durchgeführt, und als Ergebnis wurde die Erfindung beruhend auf dem Befund entwickelt, daß die maschinelle Bearbeitbarkeit ohne die bislang mit der Absicht der Verbesserung der maschinellen Bearbeitbarkeit erfolgte Zugabe von Metallen mit niedrigem Schmelzpunkt wie Pb, Bi und Sn, sondern statt dessen durch Dispersion einer zweiten Phase aus harten Körnern mit geeigneter Korngröße in einem vorbestimmten Flächenverhältnis in einer Mutterphase verbessert werden kann.

Die vorstehende Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch eine Aluminiumlegierung mit ausgezeichneter maschineller Bearbeitbarkeit gelöst, in welcher die durchschnittliche Korngröße von harten Körnern einer

zweiten Phase 2 bis 20 µm und ihr Flächenverhältnis 2 bis 12% beträgt. Die harten Körner der zweiten Phase umfassen vorzugsweise Verbindungen des Si-Systems, welche durch Koagulation einer geschmolzenen Aluminiumlegierung kristallisiert werden.

Wenn die harten Körner der zweiten Phase aus einer Verbindung des Si-Systems bestehen, enthält eine bevorzugte Zusammensetzung der Aluminiumlegierung 1,5–12% Si und 0,5–6% Mg. Genauer kann eine Aluminiumlegierung, die 1,5–12% Si, 0,5–6% Mg und einen Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen enthält, sowie eine Aluminiumlegierung, welche mindestens eines von 0,5–2% Mn, 0,15–3% Cu und 0,04–0,35% Cr enthält, und eine Aluminiumlegierung, welche weiterhin 0,01–0,1% Ti zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Bestandteilen enthält, genannt werden.

Die harten Körner der zweiten Phase mit vorbestimmter durchschnittlicher Korngröße und vorbestimmtem Flächenverhältnis können erhalten werden, indem die vorstehend beschriebenen Aluminiumlegierungen verwendet werden, die vorstehend beschriebenen Aluminiumlegierungen unter Erhalt eines Schmelzblock mit einem DAS (Dendritenarmabstand; dendrite arm spacing) von 10 bis 50 µm gegossen, und dieser einer Durchwärmbehandlung bei 450–520°C und einer anschließenden Extrusionsformung unterzogen wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand bevorzugter Ausführungsformen beschrieben.

In der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung sind harte Körner einer zweiten Phase mit einer durchschnittlichen Korngröße von 2 bis 20 µm und einem Flächenverhältnis von 2 bis 12% in einer Mutterphase dispergiert, wobei durch die harten Körner das in Splittern während der maschinellen Bearbeitung verursachte Gleiten von Kristallen beendet wird, wodurch Gleitbahnen unter Ausbildung kleiner Hohlräume angehäuft werden, und man nimmt an, daß derartige Hohlräume die Ursprünge für die Auslösung der Abtrennung der Splitter darstellen, wodurch sich eine ausgezeichnete maschinelle Bearbeitbarkeit ergibt.

Die harten Körner der zweiten Phase haben vorzugsweise eine Härte, die mindestens größer als diejenige der Aluminiumlegierungsmatrix ist, und eine geringere Angleicheigenschaft an der Grenze mit der Matrix und können kristallisierte oder abgeschiedene Körner aus Si und Verbindungen des Si-Systems ebenso wie Verbindungen des Ni-Systems und Verbindungen des Fe-Systems einschließen, und von diesen sind hinsichtlich der Härte und Angleicheigenschaft Si und Verbindungen des Si-Systems am meisten bevorzugt.

Die durchschnittliche Korngröße der harten Körner der zweiten Phase ist zu 2 bis 20 µm definiert, da die Anhäufung der Gleitbahnen weniger auftritt, wenn die durchschnittliche Korngröße kleiner als 2 µm ist, wodurch die als Ursprünge für die Auslösung der Abtrennung dienenden Abschnitte vermindert werden, was zu einer Verschlechterung der maschinellen Bearbeitbarkeit führt. Andererseits wird, wenn die durchschnittliche Korngröße mehr als 20 µm beträgt, die Extrudierbarkeit verschlechtert, tritt ein heftiger Werkzeugverschleiß während der maschinellen Bearbeitung auf und wird die Ausdehnung des Materials vermindert. Weiterhin ist das Flächenverhältnis der harten Körner der zweiten Phase zu 2 bis 12% definiert, da bei einem kleineren Flächenverhältnis als 2% weniger als Ursprünge für die Auslösung der Abtrennung dienende Abschnitte ausgebildet werden, wodurch die maschinelle Bearbeitbarkeit verschlechtert wird. Andererseits wird, wenn das Flächenverhältnis 12% übersteigt, die Extrudierbarkeit verschlechtert, wodurch ein heftiger Werkzeugverschleiß während der maschinellen Bearbeitung verursacht wird, und die Ausdehnung des Materials vermindert. Die durchschnittliche Korngröße der harten Körner der zweiten Phase beträgt vorzugsweise 3 bis 10 µm, bevorzugter 4 bis 6 µm, wohingegen das Flächenverhältnis vorzugsweise 5 bis 10% und noch bevorzugter 5 bis 7% beträgt.

Anschließend werden die Gründe für die Zugabe jedes Elements sowie die Gründe für die Festlegung der Zugabemenge zur vorstehend beschriebenen Aluminiumlegierung erläutert.

Si: 1,5–12,0%

Si bildet in einer Aluminiumstruktur Verbindungen des Si-Systems aus, wodurch die Abtrennung von Splittern und somit die maschinelle Bearbeitbarkeit verbessert wird. Dies liegt daran, daß durch die Verbindungen des Si-Systems Ursprünge für die Auslösung der Abtrennung von Splittern ausgebildet werden. Es ist notwendig, daß der untere Grenzwert für die Zugabe von Si 1,5% übersteigt, was eine Grenze für die Festkörperlöslichkeit in Aluminium darstellt. Um einen deutlichen Effekt des Si zu erhalten, ist die Zugabe von mehr als 2,0% wünschenswert. Das bedeutet hinsichtlich des Erhalts einer ausgezeichneten maschinellen Bearbeitbarkeit, daß der Gehalt an Si vorzugsweise 2,0 bis 12% beträgt. Andererseits ist es notwendig, daß die obere Grenze für die Zugabe von Si weniger als 12,0% beträgt, was einen eutektischen Punkt darstellt, damit die Extrudierbarkeit nicht verringert oder kein Brüchigwerden des Extrusionsmaterial aufgrund des Auftretens von grobem primärem Si, welches die Verformungsbeständigkeit erhöht, hervorgerufen wird. Es ist für eine befriedigende Extrusionsformbarkeit besonders bevorzugt, weniger als 6% zuzugeben.

Mg: 0,5–6,0%

Mg hat den Effekt einer Verbesserung der Abtrennung von Splittern, Verbesserung der Kalthärtbarkeit und der Erhöhung der Festigkeit des Rohmaterials durch Mischkristallbildung. Wenn der Mg-Gehalt weniger als 0,5% beträgt, kann kein ausreichender Effekt erhalten werden. Andererseits wird, wenn es in einer Menge von mehr als 6,0% zugegeben wird, die Verformungsbeständigkeit erhöht, wodurch die Extrudierbarkeit vermindert wird. Hinsichtlich der Gewährleistung der Festigkeit und bevorzugten Extrudierbarkeit beträgt die Zugabemenge vorzugsweise etwa 1,0% bis 3,0%. Hinsichtlich der Verbesserung der Extrudierbarkeit bei gleichzeitiger Unterdrückung der Verformungsbeständigkeit während der Extrusion kann ein bemerkenswerter Effekt erhalten werden, indem der Gehalt auf weniger als 1,0%, insbesondere weniger als 0,9% festgelegt wird. Entsprechend kann Mg in diesem Fall in einer Menge von 0,5 bis 1,0% oder 0,5 bis 0,9% vorhanden sein.

Mn: 0,5–2,0%

Mn besitzt einen Effekt der Verbesserung der Festigkeit des Rohmaterials durch Mischkristallbildung und einen Effekt der Förderung der Splitterabtrennung zur Verbesserung der Kalthärtbarkeit. Wenn der Mn-Gehalt weniger als 0,5% beträgt, kann kein ausreichender Effekt erhalten werden. Wenn andererseits Mn in einer Menge von mehr als 2,0% zugegeben wird, wird die Extrudierbarkeit verringert. Insbesondere hinsichtlich der

Gewährleistung der Festigkeit und der befriedigenden Extrudierbarkeit beträgt die Zugabemenge vorzugsweise mehr als 0,7% und weniger als 1,5%.

Cu: 0,15—3,0%

5 Cu besitzt Effekte der Verbesserung der Festigkeit des Rohmaterials durch Mischkristallbildung und auch der Förderung der Splitterabtrennung zur Verbesserung der Kalthärtbarkeit und wird anstatt oder zusammen mit Mn zugegeben. Wenn jedoch der Cu-Gehalt weniger als 0,15% beträgt, ist der Effekt schwach. Wenn es andererseits in einer Menge von mehr als 3,0% zugegeben wird, wird die Korrosionsbeständigkeit und ebenso die Extrudierbarkeit vermindert. Insbesondere hinsichtlich der Gewährleistung der Festigkeit, befriedigenden Korrosionsbeständigkeit und Extrudierbarkeit beträgt die Zugabemenge vorzugsweise 0,3 bis 0,8%.

10 Cr: 0,04—0,35%

Cr bildet mit Al eine Verbindung aus und erzeugt Ursprünge für die Auslösung der Abtrennung von Splintern, wodurch die maschinelle Bearbeitbarkeit verbessert wird. Wenn die Zugabemenge weniger als 0,04% beträgt, ist der Effekt nicht ausreichend. Wenn sie andererseits 0,35% überschreitet, werden grobe Verbindungen gebildet, wodurch die Extrudierbarkeit verringert wird.

15 Ti: 0,01—0,1%

Ti verfeinert die Gußstruktur und stabilisiert die mechanische Eigenschaft. Wenn der Ti-Gehalt weniger als 0,01% beträgt, kann kein Effekt erhalten werden. Andererseits ist der Effekt abgesättigt, selbst wenn es im Überschuß von 0,1% zugegeben wird.

20 Weiterhin sind in Übereinstimmung mit den in JIS H 4040 spezifizierten chemischen Bestandteilen als unvermeidliche Verunreinigungen in der Aluminiumlegierung Pb, Bi und Sn jeweils in einer Menge von weniger als 0,05 Gew.-% erlaubt. Derartige Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt können, wenn sie in großer Menge enthalten sind, die Korrosionsbeständigkeit der Aluminiumlegierung verschlechtern, haben aber keinen unerwünschten Effekt auf die Eigenschaften, wenn die Menge im vorstehend beschriebenen Bereich liegt. Weiterhin sind andere unvermeidliche Verunreinigungen jeweils in einer Menge von weniger als 0,05 Gew.-% ebenfalls erlaubt.

25 Um eine Verteilung der harten Körner der zweiten Phase in den vorstehend beschriebenen Al-Si-Mg-Legierungen zu erhalten, ist es notwendig, einen Schmelzblock mit einem DAS von weniger als 50 µm zu erhalten, welcher anschließend einer Durchwärmbehandlung bei 450 bis 520°C unterzogen wird. Der Schmelzblock wird als Material für die maschinelle Verarbeitung nach der Extrusion verwendet und kann entsprechend der Zusammensetzung oder dem Bedarf für die maschinelle Verarbeitung verwendet werden, nachdem er einer Härtungs-Alterungsbehandlung oder einer Mischkristallbildung durch Wiedererhitzungs-Härtungs-Alterungsbehandlung unterworfen wurde, oder einer maschinellen Verarbeitung nach einem Schmiedevorgang unterworfen werden.

30 Weiterhin wird der DAS durch eine Erstarrungsrate im Gußschritt gesteuert. Wenn er mehr als 50 µm beträgt, liegt die durchschnittliche Korngröße der Verbindung des Si-Systems nach der Durchwärmbehandlung über 20 µm. Wenn andererseits der DAS weniger als 10 µm beträgt, ist es schwierig, eine durchschnittliche Korngröße von mehr als 2 µm zu erhalten. Wenn die Temperatur bei der Durchwärmbehandlung höher als 520°C ist, wachsen die Körner auf eine Größe an, die in der durchschnittlichen Korngröße über 20 µm liegt. Andererseits wird bei einer Temperatur unterhalb von 450°C die Verformungsbeständigkeit groß und die Extrudierbarkeit vermindert. Die Zeit für die Durchwärmbehandlung beträgt etwa 1 bis 24 Stunden. Ist sie kürzer als 1 h, ergibt sich kein Effekt, wohingegen der Effekt abgesättigt ist, selbst wenn sie länger als 24 h ist.

Nachstehend werden erfindungsgemäße Beispiele im Vergleich mit Vergleichsbeispielen genauer erläutert.

45

50

55

60

65

TABELLE 1

	Chemischer Bestandteil (Gew.-%)						DAS $\mu\text{m}$	Durchwärmtemperatur $^{\circ}\text{C}$	Durchschnittliche Korngröße $\mu\text{m}$	Flächenverhältniss $\%$	Maschinelle Bearbeitbarkeit	Werkzeugverschleiß Bei spiel	$\sigma_B$  $\text{kg/mm}^2$	$\sigma_{0,2}$  $\text{kg/mm}^2$	$\delta$  $\%$
	Si	Mg	Cu	Mn	Cr	Ti									
Bei- spiel	1	2,0	0,5	1,0	-	0,03	30	470	5	6	0	0	36	31	17
	2	"	"	-	-	"	30	"	10	8	0	0	35	30	14
	3	"	"	-	0,2	"	30	"	15	10	0	0	34	29	13
	4	8,0	"	-	-	"	25	"	10	11	0	0	37	33	14
Vgl.- Bei- spiel	5	1,0	"	-	-	"	30	"	1	5	X	0	35	30	15
	6	14	"	-	-	"	30	"	25	11	0	X	35	29	6
	7	16	1,0	"	-	"	25	"	30	15	0	X	35	27	4
	8	2,0	0,5	1,0	-	"	5	"	1	4	X	0	34	28	16
	9	"	"	"	-	"	60	"	30	8	0	X	35	29	5
	10	"	"	"	-	"	30	550	27	7	0	X	33	28	6
	11	"	"	"	-	"	30	400	-	-	-	-	-	-	-

\* Extrusion war bei Vergleichsbeispiel 11 unmöglich

Legierungen der in Tabelle 1 gezeigten chemischen Zusammensetzungen wurden geschmolzen und Extrusionsbarren von jeweils 160 mm Durchmesser unter verschiedenen Abkühlbedingungen durch ein halbkontinuierliches Gießen hergestellt, von denen jeder einer Durchwärmbehandlung von 12 Stunden bei einer in Tabelle 1

gezeigten Durchwärmtemperatur unterworfen wurde. Nach jeweiligem Messen des DAS des extrudierten Barrens wurden diese bei einer Extrusionstemperatur von 500°C auf 60 mm Durchmesser extrudiert, direkt mit Wasser abgekühlt und anschließend für 6 h einer Alterungsbehandlung bei 170°C unterzogen, um die Testmaterialien herzustellen. Die durchschnittliche Korngröße und das Flächenverhältnis aller Körner der Verbindungen des Si-Systems, die maschinelle Bearbeitbarkeit, der Werkzeugverschleiß und die mechanischen Eigenschaften wurden mit den folgenden Verfahren gemessen. Für Vergleichsbeispiel 11 wurde, da keine Extrusion möglich war, keine Messung durchgeführt.

#### Durchschnittliche Korngröße, Flächenverhältnis

Die durchschnittliche Korngröße und das Flächenverhältnis der Körner der Verbindungen des Si-Systems wurden basierend auf einer optischen Mikroskopaufnahme bei 400X unter Verwendung eines Bildanalysegeräts (LOOZEX, Handelsname von Produkten, die von Nireco Co. hergestellt wurden) bestimmt.

#### Maschinelle Bearbeitbarkeit

Die maschinelle Bearbeitung wurde unter Verwendung eines herkömmlich erhältlichen Bohrers aus Hochgeschwindigkeitsstählen von 10 mm Durchmesser unter den Bedingungen einer Umdrehungszahl von 1500 mm/min und einer Zuführtrate von 300 mm/min durchgeführt. Das Gewicht pro 100 Splittern wurde gemessen, und die Bewertung erfolgte als "O" für diejenigen mit einem Gewicht von weniger als 0,5 g und als "X" für diejenigen mit mehr als 0,5 g Gewicht.

#### Werkzeugverschleiß

50 Löcher mit jeweils 20 mm Tiefe wurden unter den gleichen Bedingungen wie vorstehend beschrieben in einem Testmaterial von 30 mm Dicke gebildet, und die Bewertung erfolgte als "O" für diejenigen mit  $R_{\max}$  an der Innenoberfläche des fünfzigsten Lochs von weniger als 6,3  $\mu\text{m}$  und als "X" für diejenigen mit mehr als 6,3  $\mu\text{m}$   $R_{\max}$ .

#### Mechanische Eigenschaften

Es wurden JIS Nr. 4-Testprobenkörper verwendet, welche in Extrusionsrichtung entnommen worden waren, und die Zugfestigkeit ( $\sigma_B$ ), der Fließpunkt ( $\sigma_{0.2}$ ) sowie die Ausdehnung ( $\delta$ ) gemäß dem in JIS Z 2241 festgelegten Metallmaterial-Testverfahren gemessen.

Die Testergebnisse sind in Tabelle 1 gesammelt gezeigt. Die Testnummern 1–4 sind für die Beispiele, welche die erfindungsgemäßen Voraussetzungen sowohl hinsichtlich der Zusammensetzung als auch der Herstellungsbedingungen erfüllen können, die Testnummern 5 bis 7 sind für diejenigen, welche die erfindungsgemäßen Voraussetzungen nur hinsichtlich der Herstellungsbedingungen erfüllen können, und die Testnummern 8 bis 11 sind für diejenigen, welche die erfindungsgemäßen Voraussetzungen nur hinsichtlich der Zusammensetzung erfüllen können.

Wie in Tabelle 1 gezeigt, sind die erfindungsgemäßen Beispiele 1–4, in denen die Zusammensetzung, die durchschnittliche Korngröße und das Flächenverhältnis der harten Körner der zweiten Phase (Verbindung des Si-Systems) die erfindungsgemäßen Voraussetzungen erfüllen können, hinsichtlich der maschinellen Bearbeitbarkeit bei weniger Werkzeugverschleiß ausgezeichnet. Andererseits weist Vergleichsbeispiel 5 mit einem geringeren Si-Gehalt eine geringe durchschnittliche Korngröße und eine schlechte maschinelle Bearbeitbarkeit auf. Die Vergleichsbeispiele 6 und 7 mit einem großen Si-Gehalt haben eine hohe durchschnittliche Korngröße, verursachen einen deutlichen Werkzeugverschleiß und weisen eine schlechte Materialausdehnung auf. Vergleichsbeispiel 8 mit einem geringeren DAS hat, obwohl es die erfindungsgemäßen Voraussetzungen hinsichtlich der Zusammensetzung erfüllen kann, eine geringe durchschnittliche Korngröße der harten Körner der zweiten Phase und zeigt eine schlechte maschinelle Bearbeitbarkeit. Vergleichsbeispiel 9 mit einem großen DAS hat eine hohe durchschnittliche Korngröße mit deutlichem Werkzeugverschleiß und besitzt eine schlechte Materialausdehnung. Vergleichsbeispiel 10, welches einer Durchwärmung bei hoher Temperatur unterworfen wurde, weist eine hohe durchschnittliche Korngröße mit deutlichem Werkzeugverschleiß und eine schlechte Ausdehnung auf.

Wie vorstehend beschrieben weist die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung eine ausgezeichnete maschinelle Bearbeitbarkeit und auch ausgezeichnete mechanische Eigenschaften auf, obwohl keine Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt wie Pb und Bi verwendet werden. Zusätzlich ist sie, da sie keine Probleme wie ein Winden langer Splitter um das Werkzeug verursacht und weniger Werkzeugverschleiß hervorruft, besonders als Material für Maschinenteile geeignet, welche durch automatische Vorgänge unter Verwendung eines automatischen Werkzeugs hergestellt werden. Weiterhin führt sie nicht zu einer von Metallen mit niedrigem Schmelzpunkt hervorgerufenen Warmbrüchigkeit, weist hinsichtlich der Zurückgewinnung keinen Nachteil auf und ist von außerordentlich großem industriellem Wert.

Weiterhin hat die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung, da bei ihr die maschinelle Bearbeitbarkeit ohne Zugabe von Pb oder Bi verbessert wird, eine ausgezeichnete Eloxal-Verarbeitungsfähigkeit auf und ermöglicht die Ausbildung homogener und glänzender Eloxalfilme.

Wie vorstehend beschrieben wird erfindungsgemäß eine Aluminiumlegierung bereitgestellt, welche 1,5–12 Gew.-% Si, 0,5–6 Gew.-% Mg und gegebenenfalls mindestens eines von 0,5–2 Gew.-% Mn, 0,15–3 Gew.-% Cu und 0,04–0,35 Gew.-% Cr sowie weiterhin 0,01–0,1% Ti und einen Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen enthält, in welcher die durchschnittliche Korngröße der kristallisierten

Körner der Verbindungen des Si-Systems 2 bis 20 µm und deren Flächenverhältnis 2 bis 12% beträgt. Die Legierung wird geschmolzen, um einen Schmelzblock mit einem DAS (Dendritenarmabstand) von 10 bis 50 µm zu erhalten, der anschließend einer Durchwärmbehandlung bei 450 bis 520° C und dann einer Extrusionsformung zugeführt wird. Die Aluminiumlegierung besitzt eine ausgezeichnete maschinelle Bearbeitbarkeit, ohne daß Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt zugesetzt sind.

5

#### Patentansprüche

1. Aluminiumlegierung mit ausgezeichneter maschineller Bearbeitbarkeit, dadurch gekennzeichnet, daß eine durchschnittliche Korngröße von harten Körnern einer zweiten Phase 2 bis 20 µm und das Flächenverhältnis der Körner 2 bis 12% beträgt. 10
2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die harten Körner der zweiten Phase Si und Verbindungen des Si-Systems umfassen.
3. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die harten Körner der zweiten Phase kristallisierte Körner sind. 15
4. Aluminiumlegierung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung 1,5—12 Gew.-% Si und 0,5—6 Gew.-% Mg enthält.
5. Aluminiumlegierung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung 1,5—12 Gew.-% Si und 0,5—6 Gew.-% Mg enthält sowie weiterhin einen Rest aus Al und unvermeidlichen Verunreinigungen umfaßt. 20
6. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung mindestens eines von 0,5—2 Gew.-% Mn, 0,15—3 Gew.-% Cu und 0,04—0,35 Gew.-% Cr enthält.
7. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung weiterhin 0,01—0,1 Gew.-% Ti enthält.
8. Verfahren zur Herstellung einer Aluminiumlegierung mit ausgezeichneter maschineller Bearbeitbarkeit, gekennzeichnet durch das Gießen einer Aluminiumlegierung, welche 1,5—12 Gew.-% Si und 0,5—6 Gew.-% Mg enthält, unter Erhalt eines Schmelzblocks mit einem DAS (Dendritenarmabstand) von 10 bis 50 µm, welcher anschließend einer Durchwärmbehandlung bei 450—520° C und dann einer Extrusionsformung zugeführt wird. 25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -